

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛИРОВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ ДЕФЕКТОВ УСАДОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ЛИТОМ МЕТАЛЛЕ КРУПНЫХ КУЗНЕЧНЫХ СЛИТКОВ

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ НК 14-08-31279\14мол_а. В работе представлены результаты исследования степени развития осевой зоны слитков, отлитых по обычной технологии и с инокулированием струи. Установлено, что в слитке, отлитом по опытной технологии, протяженность осевой зоны (скопление физической неоднородности литого металла) значительно сокращается, что вызвано увеличением темпа и направленности процесса затвердевания и как следствие улучшением условий затвердевания осевой зоны слитка.

Ключевые слова: крупный кузнечный слиток, усадка, физическая неоднородность, осевая зона.

Work is performed within the project of the RFFI 14-08-31279\14 мол_а. In work, results of research of extent of development of an axial zone of the ingots cast on usual technology and with a stream liquidly - firm pouring are presented. It is established that in the ingot cast on skilled technology the extent of an axial zone (a congestion of physical liquidly cast metal) it is considerably reduced that is caused by increase in speed and an orientation of process of hardening and as a result improvement of conditions of hardening of an axial zone of an ingot.

Keywords: large forge ingot, shrinkage, physical heterogeneity, axial zone.

Возрастающая потребность [1, 2] в производстве крупных поковок, предназначенных для изделий атомной энергетики и тяжелого машиностроения, обуславливает необходимость в получении кузнечных слитков массой от 20 до 300 т. Увеличение массы затвердевающего металла, приводит к значительному развитию явлений ликвации и усадки, которые приводят к развитию в затвердевшем металле слитка физической и химической неоднородностей, значительное развитие которых не всегда устраняется на последующих стадиях металлургического передела (свободная ковка, механическая и термическая обработка), что может приводить к отбраковке особо ответственных изделий на стадиях их изготовления, а также при сдаче продукции заказчику.

В настоящее время существует достаточно много способов [3, 4] (внепечная обработка стали на установках ковш-печь, УВРВ и пр.), позволяющих получать металлический расплав высокого качества с ультранизким содержанием вредных примесей. Однако высокое качество металлического расплава, полученного на стадии выплавки, может быть значительно снижено явлениями, протекающими при разливке и затвердевании крупных кузнечных слитков [5, 6, 7].

Целью настоящей работы являлось определение влияния разработанного авторами [6, 7] способа жидко-твердой разливки на качество литого металла осевой зоны крупного кузнечного слитка.

Объектом исследования являлись слитки массой 24,2 т стали 38ХНЗМФА, отлитых по сравнительной и опытной технологиям. После затвердевания из осевой зоны слитков, соответствующих осевой части, вырезались макрошлифы для проведения металлографических исследований.

Центральные объемы слитка с дефектами усадочного происхождения, выявленные в результате исследования литой структуры, представлены на рис. 1.

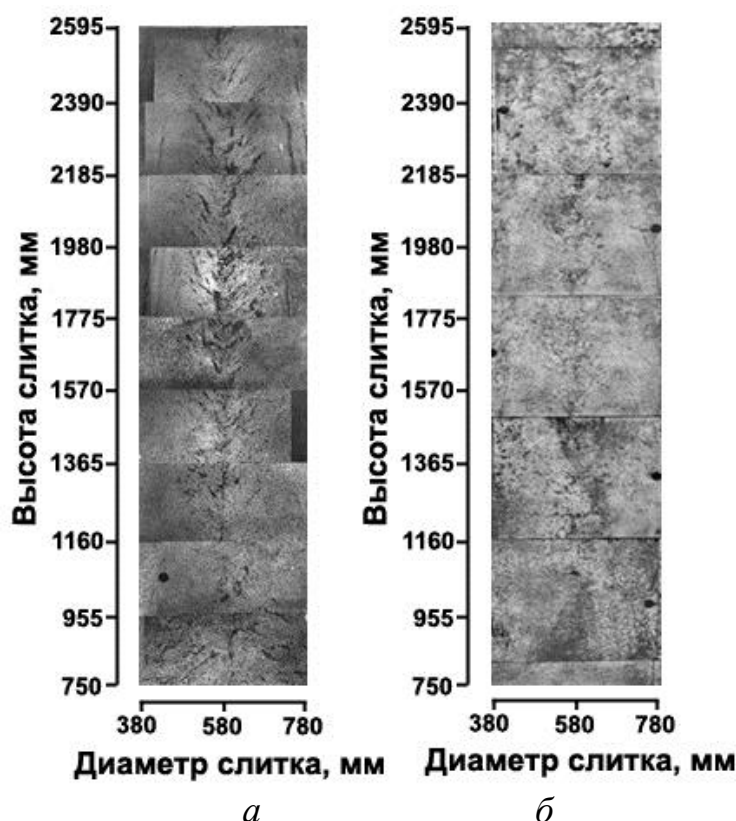


Рис. 1. Дефекты усадочного происхождения в исследуемых слитках:
а – обычный слиток; *б* – опытный слиток

Основным недостатком осевой зоны крупного кузнечного слитка является его физическая неоднородность, проявляющаяся в виде трещин и пор (рис. 1).

Параметры развития различных структурных зон литого металла исследуемых слитков, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры строения структурных зон слитков,
отлитых по обычной и опытной технологиям

| Наименование структурной зоны слитка | Значения параметров | |
|---|---------------------|----------------|
| | Обычный слиток | Опытный слиток |
| 1. Корковая зона: % к площади осевого темплета | 2,1 | 2,0 |
| 2. Зона столбчатых дендритов: % к площади осевого темплета | 19,6 | 18,6 |
| 3. Зона крупных разноориентированных кристаллов: % к площади осевого темплета | 46,4 | 39,4 |
| 4. Зона мелких разноориентированных кристаллов: % к площади осевого темплета | 8,9 | 11,9 |
| 5. Конус осаждения (область отрицательной ликвации элементов): % к площади осевого темплета | 12,6 | 13,7 |
| 6. Область дугообразных трещин: % к площади осевого темплета | 2,14 | - |
| 7. Зона осевой рыхлости: | | |
| - протяженность, мм | 1650 | 1520 |
| - % к высоте тела слитка | 68,3 | 63 |
| - % к площади осевого темплета | 8,1 | 3,6 |
| - диаметр, мм | 170 | 160 |
| - % к диаметру слитка | 15,5 | 14,5 |

Осевая зона слитка, являющаяся местом скопления дефектов усадочного происхождения в слитке, отлитом с инокуляцией струи менее развита (рис. 1, б). Протяженность этой зоны в инокулированном слитке в 2,25 раз меньше, чем в сравниваемом слитке (табл. 1), это вызвано большим объемом зоны конуса осаждения и как следствие увеличением направленности затвердевания, улучшением подпитки металлическим расплавом осевых объемов слитка, затвердевающих в последнюю очередь в самых неблагоприятных условиях.

Вид и характер изменения параметров трещин в исследуемых слитках одинаковый. V-образные трещины располагаются в постоянно сужающейся кверху осевой зоне, ограниченной по периметру внутренними шнурками внеосевой ликвации. Степень раскрытия трещин по высоте неодинакова. В нижней части трещины мелкие, прерывистые, с неявно выраженной направленностью.

Исследование структуры крупных объемов металла, показало, что использование технологии жидко-твердой разливки (инокуляции) приводит к увеличению количества капель металла, которые при полёте трансформируются в твердые частицы и попадая в затвердевающий слиток, приводят к увеличению темпа продвигающегося фронта кристаллизации, что увеличивает направленность процесса затвердевания и как следствие уменьшает развитие физической неоднородности литого металла.

Список литературы

1. *Girardin G.* 18th International Forgemasters Market and Technical Proceedings / G. Girardin, D. Jobard, F. Perdriset, P. Tollini. Pittsburgh, PA, USA. P. 66–71.
2. *Yasuto Ikeda, Koji Morinaka, Tomohiro Muraoka.* 18th International Forgemasters Market and Technical Proceedings. Pittsburgh, PA, USA. P. 166–169.
3. *Takashi Ubukata, Tadashi Suzuki, Akihiro Murayama, Sou Ueda, Toshifumi Nakajima, Takashi Shibata.* 18th International Forgemasters Market and Technical Proceedings. Pittsburgh, PA, USA. P. 154–157.
4. *Durinin V. A.* Research and improvement of production process in order to increase the service life of steel products manufactured from large heavy-duty forgings / V. A. Durinin, Y. P. Solntsev. SPb.: HIMIZDAT, 2006. 272 p.
5. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях / А. Н. Смирнов и др. Донецк: Изд-во «ВИК», 2008. 250 с.
6. *Жульев С. И.* Производство и проблемы качества кузнечного слитка : монография / С. И. Жульев, Н. А. Зюбан. ВолгГТУ: РПК «Политехник», 2003. 168 с.
7. *Руцкий Д. В.* Ликвация в крупных кованных изделиях / Д. В. Руцкий, С. И. Жульев, К. Е. Титов // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2008. № 2. С. 21–27.
6. *Жульев С. И., Зюбан Н. А., Титов К. Е.* Патент на полезную модель 46694, РФ, МПК В 22 D 41/50. Огнеупорный разливочный стакан для отливки слитков и непрерывнолитых заготовок в вакууме. Опубл. 27.07.05. Бюл. № 21.
7. *Жульев С. И., Зюбан Н. А.* Патент на полезную модель № 42454, РФ В 22 D 27/15. Устройство для отливки слитков в вакууме с инокуляторами. Опубл. 16.06.04. Бюл. № 34.